

В. И. Никулин, Е. С. Игнатенко

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
(г. Новосибирск, Россия)**

Д. Д. Казанцев, В. В. Аникин

**ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет»
(г. Нижневартовск, Россия)**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПЕНСИРОВАННЫХ НЕЙТРАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ КАК РЕЦЕПТОРОВ

Электрические сети России напряжением от 6 до 35 кВ (сети среднего напряжения) являются одними из наиболее протяжённых (около 3 млн. км) и загруженными линиями электропередачи. Количество сетей (секций) этого класса напряжений составляет 25600 единиц, из них более 2600 (10,4%) – сети, в которых необходимо применять компенсацию ёмкостного тока. Установлено около 2400 дугогасящих реакторов (ДГР) (около 92% от общей потребности). Таким образом, практически 90% сетей от 6 до 35 кВ в большинстве энергосистем работают с изолированными нейтралью [1, 2]. Автоматическими регуляторами оснащены 51,5% ДГР, из которых только около 7% управляются подмагничиванием.

При этом сети этого класса напряжения наиболее аварийны. Аварийность воздушных линий (ВЛ) в расчёте на 100 км составляет 6–7 технологических нарушений в год в районах с умеренным климатом и 20–30 технологических нарушений в год в районах со сложными климатическими и грунтовыми условиями (районы Севера и Сибири). Следует также отметить, что аварийность ВЛ от 6 до 10 кВ в России от двух до семи раз выше, чем в промышленно развитых странах. Объясняется это не только тяжёлыми последствиями гололёдно-ветровыми воздействиями, но и кондуктивными низкочастотными электромагнитными помехами (ЭМП), обусловленными низким качеством электроэнергетики.

В компенсированных сетях наблюдаются кондуктивные низкочастотные ЭМП, распространяющиеся по проводам. Качественное функционирование сетей как рецепторов при возникновении однофазных дуговых (ОДЗ) и металлических (ОЗЗ) замыканий на землю, неполнофазных режимов и т.д. при этом не обеспечивается. Из-за этого обострилась проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) [3].

Рассматриваемая проблема многогранна и одна из научно-технических задач – повышение эффективности работы компенсированных нейтралей сетей среднего напряжения как рецепторов не решена (отсутствует соответствующий стандарт). В связи с этим рассмотрим основные положения этой задачи.

Одной из важных характеристик сети среднего напряжения (термин «среднее напряжение» используется в зарубежных странах для сетей напряжением от 1 до 69 кВ) является способ заземления её нейтрали. Он определяет:

- ток в месте повреждения и перенапряжения на неповреждённых фазах при однофазном замыкании;
- схему построения релейной защиты от замыканий на землю;
- уровень изоляции электрооборудования;
- выбор аппаратов для защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений (ограничителей перенапряжений);

- бесперебойность электроснабжения;
- допустимое сопротивление заземляющего устройства подстанции;
- безопасность персонала и электрооборудования при однофазных замыканиях.

В мировой практике используются различные способы заземления нейтралей (таблица) сетей среднего напряжения. Единого подхода к выбору режима нейтрали пока не существует.

Для улучшения эксплуатации изоляции сетей ЭЭС необходимо, прежде всего, исключить воздействие на эти сети и оборудования кондуктивных низкочастотных ЭМП, распространяющихся по сетям ЭЭС. Причём осуществить это необходимо с устройствами релейной защиты и автоматики (УРЗА), которые были выполнены для исполнения другой функциональной задачи [4].

Электромагнитная обстановка в электрических сетях от 6 до 35 кВ характеризуется совокупностью электромагнитных явлений в заданной области пространства, частотном и временном диапазонах. Нарушение качества электрической энергии усложняет ЭМО, обуславливает появление кондуктивных низкочастотных ЭМП, изменяет уровень ЭМС технических средств ЭЭС. Внутренние коммутационные перенапряжения, несинусоидальность и несимметрия напряжений по обратной последовательности превращают сеть от 6 до 35 кВ в рецептор – техническое средство, реагирующее на кондуктивные низкочастотные ЭМП, распространяющиеся по проводам сети. Основным нормативно-техническим и методическим документом, устанавливающим показатели и нормы качества электроэнергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трёхфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии (точки общего присоединения), является ГОСТ 32144-2013. Этот стандарт не комментирует показатели качества электроэнергии, выходящие за установленные значения как параметры электромагнитной обстановки [5].

Таблица – Способы заземления нейтрали в странах мира

Страна	Принятое напряжение	Способ заземления нейтрали:			
		изолированная	через дугогасящий реактор	через резистор	глухое
Россия	6–35 кВ	+	+	+	
Австралия	11–12 кВ			+	+
Канада	4–25 кВ			+	+
США	4–25 кВ			+	+
Испания	10–30 кВ			+	+
Италия	10–20 кВ	+			
Португалия	10–30 кВ			+	
Франция	12–24 кВ			+	
Япония	6,6 кВ	+		+	
Германия	10–20 кВ		+		
Австрия	10–30 кВ		+		
Бельгия	6,3–17 кВ			+	
Великобритания	11 кВ			+	+
Швейцария	10–20 кВ		+		
Финляндия	20 кВ	+	+		

При нерациональном режиме нейтрали в распределительных сетях от 6 до 35 кВ и низком качестве электроэнергии происходят: увеличения случаев замыкания фазы на землю из-за интенсивного износа изоляции, при этом ток замыкания значительно превышает ёмкостной ток, рассчитанный при синусоидальном напряжении; значительным (до 60–70 %) переходом этих замыканий в 2-х и 3-х фазные короткие замыкания (КЗ) [3, 4, 6]. В этом случае сеть находится в предаварийном состоянии из-за кондуктивных низкочастотных ЭМП. Эти помехи оказывают наибольшее негативное влияние на работу силового оборудования (генераторы, трансформаторы, двигатели и т.д.) и передаточных устройств (линии электропередачи, распределительные устройства и т.д.), обуславливают в электроэнергетике глобальную проблему эффективной передачи электроэнергии и ЭМС технических средств.

В мировой практике эксплуатации сетей среднего напряжения известны основные направления повышения их надёжности и электробезопасности. К одному из которых относится разработка оборудования для заземления нейтралей, а к основному направлению совершенствования эксплуатации электрических сетей от 6 до 35 кВ относится разработка теоретических положений и создания систем оптимизации режимов работы нейтралей.

Таким образом, проблема повышения эффективности режимов работы нейтралей сетей среднего напряжения осознаётся в промышленно-развитых странах и является актуальной.

Список использованных источников

1 Миронов, И.А. Современные проблемы в выборе режимов заземления нейтрали в электрических сетях 3–35 кВ / И.А.Миронов // КИПиА. – 2008. – 5/Э. – 22 с.

2 Миронов, И.А. Режимы заземления нейтрали в электрических сетях 6–35 кВ / И.А.Миронов // Электрические станции. – 2008. – № 4. – 69 с.

3 Данилов, Г.А. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.В. Ситников; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013, – 559 с.

4 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в электроэнергетических системах / Е.В.Иванова; под ред. В.П.Горелова, Н.Н.Лизалека. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2006. – 432 с.

5 ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. –М: Изд-во стандартов, 2013. – 31 с.

6 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в сетях 6–10 кВ / Е.В.Иванова, А.А.Руппель; под ред. В.П.Горелова. – Омск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2004. – 284 с.